

زیست فناوری در مهندسی شیمی

منوچهر وثوقی^۱، محمد جواد ثقفی^۲ و فاطمه فولادی تالاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱

DOI: 10.22047/ijee.2024.453627.2074

DOR: 20.1001.1.16072316.1403.26.103.5.4

چکیده: زیست فناوری (بیوتکنولوژی) علمی است که از کشفیات جدید درباره نقش مخمر و سایر موجودات زنده در تخمیر مواد مختلف شکل گرفته است. این علم گاهی با تغییرات نظریه‌ای روبه‌رو شد که این تغییرات منجر به پیشرفت‌های علمی و صنعتی شد. زیست فناوری به طور عمومی علم گسترده و رو به رشدی است که آن را می‌توان به عنوان فرایندهای مبتنی بر فناوری‌های زیستی اطلاق کرد. در این مقاله برای شناخت بهتر گذشته و آینده این علم رو به رشد و همچنین پیدا کردن روش مناسب رشد و نمو این زمینه در پهنه علم و فناوری ایران لازم است که ابتدا با این علم و روند تکامل آن آشنا می‌شویم، سپس به بررسی نهادهای مؤثر بین‌المللی شامل نهادهای اقتصادی و پژوهشی پرداخته می‌شود، در نهایت، پس از بررسی وضعیت نهادهای مشابه در ایران و نقش مهندسی شیمی در پیشبرد آن، پیشنهاداتی برای توسعه زیست فناوری در ایران صورت خواهد گرفت. ایران با راهبردها و حمایت‌های صحیح می‌تواند در این زمینه پیشتاز شود و از مزایای این علم مهیج بهره‌مند گردد.

واژگان کلیدی: زیست فناوری، مهندسی شیمی، انقلاب زیستی

۱- استاد، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران (نویسنده مسئول). mvossoughish@gmail.com
۲- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. mimjimsaghafi@gmail.com
۳- دکتری، دانشکده بیوتکنولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. f.fooladi95@ut.ac.ir

۱. مقدمه

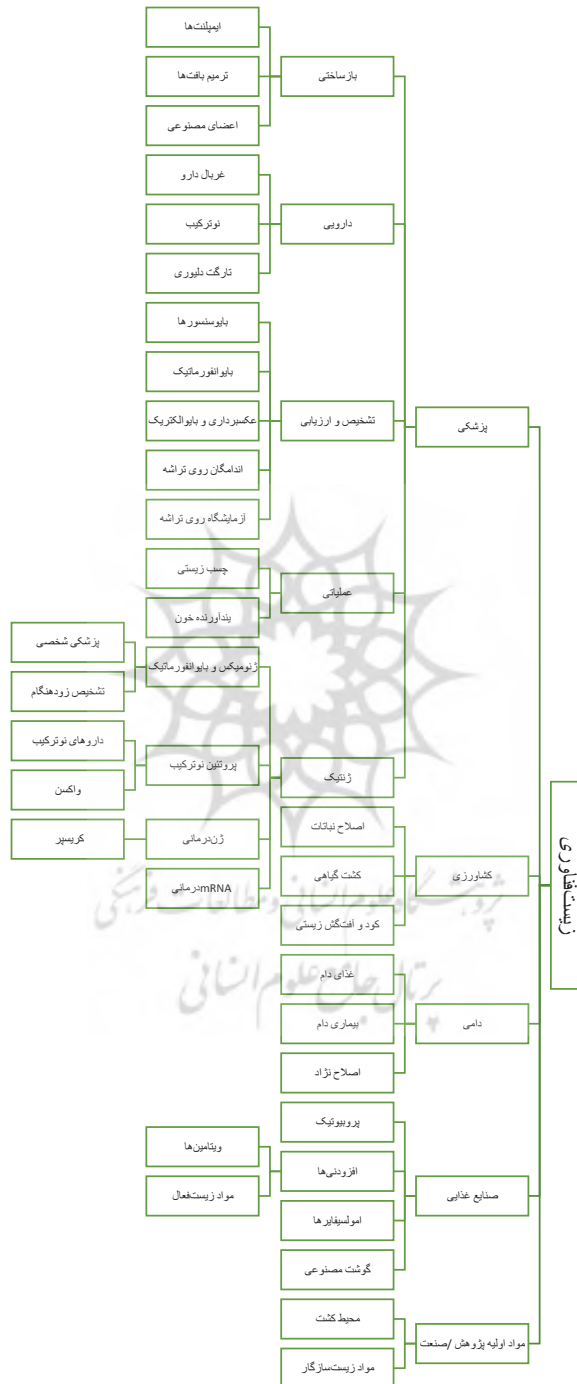
زیست فناوری به طور عمومی علم گسترده‌ای است که می‌توان آن را به عنوان فرایندهای مبتنی بر فناوری‌های زیستی اطلاق کرد. اما بنیان‌گذاری زیست فناوری مدرن در ایران، تقریباً نه دهه پیش با تولید واکسن در مؤسسات پاستور و رازی در سال‌های ابتدای قرن چهاردهم آغاز شد. امروزه، تولید محصولات زیست فناوریانه، به عنوان یک سرمایه‌گذاری نوین در بخش داروسازی ایران شناخته می‌شود. موضوعات زیرمجموعه زیست فناوری بسیار متنوع‌اند. در واقع با در نظر گرفتن تعاریف مختلف از زیست فناوری می‌توان بازه‌های بسیار متفاوتی را به عنوان زیست فناوری مشخص کرد. در این میان زیست فناوری می‌تواند هم‌پوشانی زیادی با علوم پایه زیستی داشته باشد. بنابراین مرز باریک و شناوری میان این علم و علوم پایه زیست‌شناسی و همچنین با علوم مهندسی وجود دارد. معمولاً زیست فناوری را به چهار بخش کشاورزی (سبز)، محیط زیستی (آبی)، صنعتی (سفید) و پزشکی (قرمز) تقسیم می‌کنند. زیست فناوری علمی است که از کشفیات جدید درباره نقش مخمر و سایر موجودات زنده در تخمیر مواد مختلف شکل گرفت. این علم گاهی با تغییرات نظریه‌ای روبه‌رو شد و به پیشرفت‌های علمی و صنعتی منجر گردید. پاستور علم میکروبیولوژی را بنیان نهاد و نقش میکرب‌ها در بیماری‌ها و فرایندهای صنعتی را نشان داد. بوخنر نشان داد که فرایندهای زیستی بر اساس قوانین شیمیایی هستند و آنزیم‌ها عامل زیست تبدیل‌ها هستند. تحقیقات روی تخمیر میکربی منجر به تولید محصولات مختلفی مانند اسید سیتریک، پنی‌سیلین، استروئید و غیره شد. در قرن بیستم، زیست فناوری به عنوان یک تخصص پذیرفته شد و از جانب دولت‌ها، به عنوان یک حوزه نوآورانه و رشدبخش شناخته شد. تحقیقات پایه در زیست شیمی و زیست‌شناسی مولکولی حوزه علوم زیستی را گسترش داد و یکپارچه کرد تا جایی که محصولات و خدمات جدید و متنوعی از این علم بهره‌مند شدند. زیست فناوری جدید امروزه به عنوان یکی از علوم پیشرو شناخته می‌شود (Buchholz & Collins, 2013). برای شناخت بهتر گذشته و آینده این علم و پیدا کردن روش مناسب رشد و نمو این علم در پهنه علم و فناوری ایران لازم است که ابتدا با این علم و روند تکامل آن آشنا شویم. جدول ۱ نشان‌دهنده روند پیشرفت این علم و نسل‌های مختلف فناوری زیستی است.

جدول ۱. مراحل تکامل تولید زیستی شامل ۴ انقلاب است (Buchholz & Collins, 2013)

انقلاب زیست‌تولید	زمان شروع	محصولات اصلی	پلتفرم تولید	ابزار
پیش مدرن	چند هزار سال پیش	بنبر، سس سویا، شراب، نان، ترشی، سرکه	مخلوط ریزاندامگان‌ها	تخمیر حالت جامد

انقلاب زیست تولید	زمان شروع	محصولات اصلی	پلتفرم تولید	ابزار
زیست تولید ۱٫۰	دهه ۱۹۱۰	#متابولیت ها: استون، نرمال بوتانول، گلیسرول، اسیدهای آمین، اسیدهای آلی، ویتامین C	باکتری یا قارچ تک سویه	تخمیر مایع بی هوازی تخمیر غوطه ور هوازی
زیست تولید ۲٫۰	دهه ۱۹۴۰	#متابولیت ها: پنی سیلین، تتراسایکلین، استرپتومایسین	قارچ یا باکتری جهش یافته	تخمیر غوطه ور هوازی
زیست تولید ۳٫۰	دهه ۱۹۸۰	#داروهای پروتئینی: اریتروپویتین، انسولین، هورمون رشد #آنزیم ها: آمیلاز، پروتئاز، سلولاز	سلول های (حیوانی) مهندسی ژنتیک ریزاندامگان های مهندسی ژنتیک	DNA بازسازی شده کشت سلول کاتالیز آنزیمی
زیست تولید ۴٫۰	دهه ۲۰۰۰	#محصولات فرایندهای رونویسی تا ترجمه: سلول ها، بافت ها، یا اعضای انسانی انرژی تجدیدپذیر: ایزوبوتانول هیدروژن #غذای نوین: نشاسته مصنوعی	سلول های بنیادی جنینی سلول های بنیادی چندقابلیتی القاشده (iPSC) ریزاندامگان های مهندسی شده سامانه های بیوسنتز (آنزیمی) مصنوعی برون تنی	مهندسی بافت و سلول های بنیادی مهندسی متابولیک و زیست سنتز مهندسی پروتئین پیشرفته

در یک تعریف می توان زیست فناوری را شامل تمام کاربردهایی دانست که طی آن از علم زیست شناسی استفاده می شود یا از آن برای یک کاربرد زیستی استفاده می شود. بدین ترتیب شکل ۱ یک دسته بندی از شاخه های زیست فناوری است.



شکل ۱. دسته بندی شاخه های زیست فناوری

۲. روش تحقیق

به منظور بررسی و دستیابی به تحقیقات برتر ایران، از منابع علمی مختلف شامل معاونت علمی ریاست جمهوری ایران، دانشگاه‌های سراسر کشور و پژوهشگاه‌ها و مراکز علمی مرتبط استفاده شده است. همچنین از پایگاه استنادی اسکوپوس^۱ و ابزار جستجوی پیشرفته این سامانه جهت اشتراک گرفتن فصل مشترک زیست‌شناسی و مهندسی مطابق فیلتر زیر استفاده شد:

(SUBJAREA ("BIOC") OR SUBJAREA ("IMMU") OR SUBJAREA (MEDI)) AND SUBJAREA (ENG) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Iran"))

۳. زیست‌فناوری در دنیای امروز

برای شناخت بهتر وضعیت زیست‌فناوری و اقتصاد آن، مطابق جدول ۲ با تعدادی از بزرگ‌ترین شرکت‌های حاضر در بورس‌های جهانی مرتبط با زیست‌فناوری آشنا می‌شویم:

جدول ۲. شرکت‌های شناخته‌شده زیست‌فناوری در سطح دنیا

نام شرکت:	Novavax, Inc. (NVAX)	Incyte Corp. (INCY)	Jazz Pharmaceuticals PLC (JAZZ)	Vertex Pharmaceuticals Inc. (VRTX)	Regeneron Pharmaceuticals Inc. (REGN)	BioNTech SE (BNTX)	Moderna	Novo Nordisk
درآمد خالص:	\$1.32 billion	\$876.05 million	\$18.69 million	\$3.27 billion	\$5.37 billion	\$11.35 billion	\$11.76 billion	\$7.68 billion
ارزش بازار:	\$810.16 million	\$17.93 billion	\$9.85 billion	\$74.85 billion	\$78.53 billion	-	\$72.95 billion	\$293.94 billion
توضیحات:	شرکت دانماری تمرکز در حوزه مراقبت بیمار (دبابت، هموفیلی، هورمون درمانی و...) این شرکت که در کمبریج بنا شده است، تمرکز خود را بر درمان‌های بر پایه mRNA بنا کرده است. شرکت آلمانی پایه‌گذاری شده توسط دکتر آغور شاهین، متمرکز بر درمان سرطان شرکت زیست دارویی متمرکز بر توسعه دارو برای بیماری چشم، سرطان، آلرژی و ... شرکت زیست دارویی متمرکز بر توسعه دارو برای بیماری فئبروز سیستیک، سرطان، خودایمنی، عصب‌شناسی و ... شرکت ایرلندی بر پایه داروهای اعصاب، مدیریت درد، سرطان و ... کشف رینوپلاکول‌های دارویی. به ویژه برای درمان میوفاستروز نیز تمرکز بر واکسن و بیماری‌های واگیر							

۴. آینده زیست فناوری

پژوهش های بین المللی در حوزه زیست فناوری بسیار گسترده و روبه رشد است. در ادامه به بررسی تعدادی از پژوهشگران برتر این حوزه و حوزه فعالیت آنها می پردازیم (جدول ۳) و سپس انستیتوهای معتبر این حوزه را مورد بررسی قرار می دهیم (جدول ۴).

جدول ۳. تعدادی از اساتید برتر بین المللی و موضوعات مورد بررسی آنها شامل اولین های هر حوزه

نام	حوزه فعالیت	وابستگی
Guido Kroemer	مرگ برنامه ریزی شده سلول	Sorbonne university
Jennifer Doudna	کریسپر ^۱	University of California, Berkeley
Emmanuelle Charpentier	کریسپر	Max Planck Institute for Infection Biology
George Church	ژنومیکس، زیست شناسی سامانه ای	Harvard Medical School
Feng Zhang	کریسپر، اپتوژنتیک ^۲	Massachusetts Institute of Technology (MIT)
David Baker	طراحی و شبیه سازی پروتئین	Institute for Protein Design
Eric Lander	ژنومیکس، زیست شناسی سامانه ای و پزشکی دقیق	MIT
Craig Venter	ژنومیکس مصنوعی	J. Craig Venter Institute
Robert Langer	زیست مواد، مهندسی بافت، نانوفناوری	MIT

جدول ۴. تعدادی از انستیتوهای برتر بین المللی و موضوعات مورد بررسی آنها

انستیتو	موضوعات
Strata Oncology	سرطان شناسی دقیق این شرکت با کمک شبکه همکاران بالینی، اطلاعات کاملی از ژنومیکس سرطان جمع می کند تا به درمان های هدفمند و ایمنی شناختی انواع سرطان نزدیک شویم.
TMRW Life Sciences	این مجموعه در حوزه باروری فعالیت می کند به ویژه IVF.
DNA Script	مؤسسه ای در حوزه زیست شناسی سنتزی با هدف پرینت DNA
آکادمی علوم چین یا CAS	این آکادمی بزرگ ترین مؤسسه علمی چین است و در انواع حوزه ها فعالیت می کند به ویژه ابزارهای ویرایش ژن.
مؤسسه گسترده MIT و Harvard یا اصطلاحاً Broad Institute	یک مرکز پژوهش بایومدیکال و ژنومیک بین دانشگاهی به منظور تحول در پزشکی از طریق همکاری های میان رشته ای است. این مرکز به منظور درک بهتر بیماری و پیاده کردن دانش بر روی بیماران به وجود آمده. پیشرو در توالی ژنوم دارویی و...
جامعه ماکس پلانک	این مجموعه از ۸۶ مؤسسه در آلمان به هدف تحقیقات پایه. از علوم زیستی تا علوم انسانی تشکیل شده است و مؤسسات زیست مولکولی سلولی و ژنتیک، مؤسسه شیمی زیست فیزیک و مؤسسه علوم تولید مثل آن در سطح بالایی از فناوری قرار دارد.

ادامه جدول ۴

انستیتو	موضوعات
انستیتو کریگ و نتر و ژنومیکس ساختگی	این دو مؤسسه توسط آقای کریگ و نتر اداره می‌شود. ایشان از پیشگامان توالی‌یابی انسان و ساختن گونه‌های مصنوعی از حیات‌اند. این مؤسسات بر روی استفاده از این فناوری‌ها برای پاسخ به نیازهای سلامت، انرژی و محیط زیست متمرکز هستند.
مؤسسه طراحی پروتئین	این مؤسسه واشنگتن پایه برای مهندسی پروتئین ایجاد شده است و هدف آن ایجاد پروتئین‌های جدید با کاربردهای جدید است
مؤسسه مهندسی زیست‌تقلیدگر ویس	یکی از مراکز پژوهشی هاروارد است که با الهام از زیست‌شناسی، برای حوزه‌های متنوعی مانند روباتیک، نانوفناوری، مهندسی بافت و تشخیص راه‌حل‌هایی ایجاد می‌کند.
UNCAN	ابتکار اروپایی به منظور شناخت بهتر سرطان. قرار است این ابتکار جمع‌کننده دیتاهای پراکنده باشد.

۵. زیست‌فناوری در ایران

راه‌اندازی "کمیته ملی زیست‌فناوری" به عنوان نهاد ملی مدیریت توسعه زیست‌فناوری در سال ۱۳۷۹ به صورت کمیته‌ای فرابخشی با عضویت دستگاه‌ها و نهادهای ذی‌ربط، در واقع نقطه آغازین ساماندهی نظام ملی مدیریت زیست‌فناوری در کشور است. اولین سند ملی زیست‌فناوری به منظور توسعه جهشی و هدفمند این فناوری در کشور، توسط این کمیته آماده شد و در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۱۶ به تصویب هیئت دولت رسید. بر اساس این سند که نخستین برنامه ملی توسعه زیست‌فناوری است، در تاریخ ۱۳۸۴/۲/۱۹ با ایجاد شورای عالی زیست‌فناوری برای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و نظارت ملی در حوزه‌های آموزش، پژوهش و تولید در زیست‌فناوری موافقت شد. بعدها ستاد توسعه زیست‌فناوری به عنوان یکی از ستادهای فناوری‌های راهبردی زیر نظر معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری به عنوان مجموعه جایگزین آن ایجاد گردید.

همچنین اولین بار در سال ۱۳۸۵ اولین شبیه‌سازی حیوان در خاورمیانه توسط پژوهشگاه رویان صورت گرفت. همچنین سه سال پیش از آن، برای اولین بار در همان پژوهشگاه سلول ESC انسانی از بلاستوسایت‌ها تهیه گردید که ایران را دهمین کشور در این فناوری قرار داد. ("درباره‌ی ما"، ۱۴۰۲)

۶. پژوهش‌های زیست‌فناوری در ایران

برای بررسی موضوع پژوهش‌های انجام‌شده در ایران با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس با روشی که پیش‌تر ذکر شد، هفت محقق با بیشترین مقالات در این حوزه مورد بررسی قرار گرفت و مطابق کلمات کلیدی آن مقالات و میزان تکرار آنها در مقالات مختلف جدول ۵ تهیه شد.

جدول ۵. بررسی موضوعات و بسامد تکرار آنها در مقالات پراکثرترین محققان زیست فناوری ایران

موضوع	تعداد مقالات
اسپری درای و امولسیون	۹۴
بسته بندی های خوراکی و نانو کریستال ها	۸۰
دینامیک دستگاه عصبی	۲۷
کیتوسان و سامانه های دارورسانی	۲۵
آنتی اکسیدان ها و روغن های اساسی	۲۳
نانوذرات نقره و سنتز سبز	۱۶
کورکومین و مشتقات آن	۱۰
شبکه های عصبی	۹
پروتئین کافیرین	۸
سوخت زیستی و جلبک	۶
آسپارژیناس	۵
زنده مانی سلولی	۴
کیک های خوراکی	۴
نانوذرات آهن و تصفیه آب	۴
مهندسی بافت	۴
ایمونوانفوماتیکس	۴
معدنی سازی زیستی	۴

۷. اقتصاد زیست فناوری ایران

- زیست فناوری بخش های گسترده ای دارد، اما بیشترین محصولی که در حوزه زیستی از ایران صادر شده، در حوزه دارو است. در سال ۱۴۰۱ دبیر ستاد توسعه فناوری با بیان اینکه ۷۰۰ شرکت دانش بنیان در حوزه زیست فناوری در ایران فعالیت می کند، خاطرنشان کرد که به صورت کلی ۶۰ میلیون دلار محصولات زیستی از ایران به ۱۷ کشور دنیا صادر شده است. (ستاد زیست فناوری، اردیبهشت ۹۸)
- پیشرفت در حوزه صنایع غذایی و به طور ویژه کشاورزی و دامپروزی، از عوامل مؤثر بر امنیت غذایی و تأمین پایدار و ارزان غذاست. یکی از مصادیق این علم در حوزه دامپروزی تهیه نژاد دام با بازدهی مناسب است. سالانه ۷۰ میلیون واحد اسپرم گاو به جهت تلقیح مصنوعی در بازار جهانی مبادله می شود. در سال ۱۳۶۲ طرح ملی احداث مجتمع پرورش و اصلاح نژاد مرغ لاین (آرین) تدوین و مورد تصویب قرار گرفت و مقرر شد که ۱۱۳۵ هکتار از اراضی جنگلی در شمال کشور (منطقه بابلکنار) برای اجرای این طرح تخصیص یابد. عملیات عمرانی این طرح بزرگ بیش از هفت سال به طول انجامید و فعالیت های این مجتمع از سال ۶۹ با ورود گله اجداد نژاد «هایپرو» از کشور هلند، به

صورت آزمایشی آغاز شد. هم‌زمان با آغاز به کار این مجتمع، تعدادی از کارشناسان ایرانی از سوی هلندی‌ها آموزش‌های لازم را دریافت کردند و پس از بازگشت در سال ۱۳۷۱ اولین گله لاین کشور از هلند وارد ایران شد (ستاد زیست‌فناوری، اردیبهشت ۹۸).

بخش مهم دیگر در صنایع غذایی، تأمین مواد و روش‌های نوین برای افزایش بازده کشاورزی است. دبیر ستاد ویژه توسعه زیست‌فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در مصاحبه‌ای در سال ۱۳۹۸ وضعیت زیست‌فناوری کشاورزی را بدین صورت شرح داده است: در حوزه کشاورزی زیستی نیز اکنون کود زیستی در کشور تولید و حتی صادر می‌شود. کودزیستی نوعی باکتری است که به خاک داده می‌شود یعنی به جای این که مواد شیمیایی به خاک اضافه کنیم، وظیفه این باکتری است که مواد مغذی را از خاک جذب کند و به ریشه گیاه بدهد. با تحقیقاتی که در ۴۰ نقطه کشور انجام شده است، استفاده از کود زیستی بهره‌وری و سلامت محصول را در بخش کشاورزی افزایش داده و در مقابل، هزینه‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد. همچنین در حوزه مهارگرهای زیستی، یعنی ریزندامگان‌هایی که به جای سم شیمیایی استفاده می‌شوند و در زمینه کشت بافت به دانش ارزشمندی دست یافته‌ایم.

۸. تعدادی از شرکت‌های فعال در حوزه زیست‌فناوری

انستیتو پاستور: از قدیمی‌ترین مؤسسات تحقیقاتی و آموزشی در زمینه تولید واکسن بوده که در سال ۱۳۹۹ با امضای قراردادی بین انستیتو پاستور پاریس در فرانسه و کشور ایران، تأسیس شد و تا به امروز دستاوردهای فراوانی در حوزه زیست‌فناوری پزشکی داشته است. (Nezhad Fard, 2013)

مؤسسه رازی: این مؤسسه به عنوان یک بازیگر کلیدی در تولید محصولات زیست‌فناورانه ۲۱ واکسن انسانی و دامی را در ابعاد تجاری تولید و به فروش می‌رساند. این محصولات به ۱۷ کشور صادر می‌شود. این مؤسسه در مجموع ۵۷ نوع محصول (واکسن، پادزن و سرم) تولید می‌کند و یکی از بزرگترین تولیدکنندگان واکسن در خاورمیانه است.

همچنین شرکت‌های خصوصی در زمینه تولید داروهای زیست‌فناوری و کیت‌های تشخیصی مختلف در حال حاضر مشغول به فعالیت هستند. این شرکت‌ها هم در راستای تأمین نیاز کشور موفق بوده‌اند و هم در زمینه صادرات محصولات خود به موفقیت دست یافته‌اند.

از دیگر تولیدات زیست‌فناوری در ایران می‌توان به انواع کشت بافت گیاهی، تولید کودها و سموم زیستی، فرآورده‌های میکربی و کیت‌های تشخیصی و... نیز اشاره کرد.

۹. مهندسی شیمی و زیست‌فناوری

در سال ۱۳۶۸ برای نخستین بار در کشور پیشنهاد و تأسیس رشته مهندسی شیمی - زیست‌فناوری به

عنوان اولین رشته دانشگاهی زیست فناوری کشور مطرح شد. پس از بررسی و تصویب این رشته، برای اولین بار در سال ۱۳۷۰ در مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس در این رشته دانشجوی پذیرفت و هم‌اکنون این گروه در هر دو مقطع کارشناسی ارشد و دکتری دانشجوی می‌پذیرد. گروه زیست فناوری مهندسی شیمی، به عنوان یکی از گروه‌های شاخص و پیش‌تاز در کشور در زمینه زیست فناوری صنعتی است (Chemical engineering, biotechnology, "2024). زمینه‌های پژوهشی ارائه شده برای دانشجویان این گروه، شامل موارد زیر است:

- مهندسی زیست‌فرایند
- زیست فناوری محیط زیست
- زیست فناوری صنعتی
- پروتئین‌های نو ترکیب
- فروشویی زیستی
- مهندسی متابولیک
- سامانه‌های نوین دارورسانی
- مهندسی بافت

تفصیل برخی فعالیت‌های اساتید مهندسی شیمی گرایش زیست فناوری و زیست‌پزشکی در دانشگاه‌های مطرح ایران، در جدول ۶ نشان داده شده است:

جدول ۶. تعدادی از موضوعات زیستی محل تمرکز دانشکده‌های مهندسی شیمی ایران (Chemical engineering, biotechnology, "2024")

کشت سلولی و تخمیر به منظور تولید فراورده‌های زیستی شامل داروهای نو ترکیب پروتئینی	زیست راکتور و کینتیک زیستی	تخمیر پلی ساکاریدها و اتانول سوختی و بازیابی	خالص سازی و کنترل کمی و کیفی فراورده‌های زیستی	زیست فناوری محیط زیست
ترمودینامیک سامانه‌های زیستی	استفاده از رویکرد سامانه‌ای در مهندسی متابولیک میکرب‌ها	زیست پالایی خاک‌های آلوده زیست فناوری غذایی فروشویی زیستی	مدیریت پسماندهای جامد خطرناک همچون کاتالیست‌های فرسوده	فروشویی زیستی باطله‌های معدنی و سنگ‌های معدنی کم‌عیار
بازسازی شبکه‌های متابولیکی	پدیده‌های انتقال در زیست راکتورهای چند فاز	ادغام و تحلیل داده‌های امیکس کاربردهای پزشکی مدل سازی متابولیکی	مدل سازی چند مقیاسه	مدل سازی جوامع میکربی
تصفیه زیستی فاضلاب‌ها و هوای آلوده صنعتی	نانوذرات هوشمند در دارورسانی هدفمند به سلول‌های سرطانی	مدل سازی ریاضی و شبکه عصبی مصنوعی فرایندهای زیستی	نانوزیست فناوری و تولید نانوذرات جدید و زیست سازگار و به کارگیری آن‌ها در دارورسانی و ریزپوشانی پاداکسایندهای ناپایدار	مهندسی بافت با استفاده از سلول‌های بنیادی

۱۰. نتیجه‌گیری

پیشرفت در زمینه زیست فناوری نیازمند سرمایه‌گذاری و به دست آوردن ابتکار عمل در بخش‌های مختلف این فناوری است. به عنوان مثال در زمینه پزشکی که شاید یکی مهم‌ترین کاربرد این فناوری باشد، بخش‌های مختلف زنجیره از تشخیص و پیشگیری تا درمان و بازیابی مستعد ورود بیشتر و فعالیت علمی و اقتصادی فراوانی است.

آنچه واضح است، این است که حوزه زیست فناوری نیاز به ارتباطات محکمی بین دانشگاه‌های علوم پزشکی و دانشگاه‌های صنعتی و همچنین دانشکده‌های علوم پایه دارد تا پشتیبان این علم اساساً میان‌رشته‌ای باشد. وضعیت میان‌رشته‌ای این علم، به جای این که موجب تقویت این ارتباطات شود، گاهی موجب سردرگمی دانشجویان و محققان شده و آنان را وادار به خارج شدن از تخصص خود کرده است. امتزاج تخصص‌های مرتبط با این حوزه‌ها، به جای فعالیت‌های پراکنده غیرتخصصی پژوهشگران در خارج از حوزه خود، باید به وسیله ایجاد هویت و تخصصی جدید تحقق یابد. پیشبرد این علم و فناوری‌های منتج از آن در ایران نیازمند نیروی انسانی، برنامه هماهنگی و پشتیبانی مالی است که گرچه در مورد دوم و سوم کم‌وبیش همه جا با مشکل روبرو هستیم، این وضعیت در دانشگاه‌های زیرمجموعه وزارت علوم شدیدتر است.

References:

- <http://www.biodc.isti.ir/about.us>. (1402). Biotechnology development and precision medicine headquarters.
- <http://www.biodc.isti.ir/> (May 1398). Biotechnology Monthly
- Buchholz, K., & Collins, J. (2013). The roots—A short history of industrial microbiology and biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(9), 3747–3762. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-4768-2>
- Chemical engineering, biotechnology. (2024). *Chemical Eng. Department*. <https://www.modares.ac.ir/cheme/departments/biotechnology>
- Nezhad Fard, R. M. (2013). The History of modern biotechnology in Iran: A medical review. *Journal of Biotechnology & Biomaterials*, 03(02). <https://doi.org/10.4172/2155-952X.1000159>



◀ دکتر منوچهر وثوقی شهواری: دکتری مهندسی شیمی (بیوتکنولوژی)

از دانشگاه (تولوز) فرانسه اخذ کردند و استاد دانشگاه شریف و

عضو وابسته فرهنگستان می‌باشد.



◀ فاطمه فولادی تالاری: دانشجوی دکتری تخصصی بیوتکنولوژی
دانشگاه تهران می باشند.



◀ محمدجواد تقفی: دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی شیمی از
دانشگاه شریف می باشند.

